

目 次

ページ

序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	2
3 用語及び定義	2
4 原理	2
5 記号及び内容並びに硬さの表示	2
5.1 記号及び内容	2
5.2 硬さの表示	4
6 試験機	4
6.1 試験機	4
6.2 円すい形ダイヤモンド圧子	5
6.3 球圧子	5
7 試験片	5
7.1 試験片表面	5
7.2 試験片の仕上げ	5
7.3 試験片又は試験対象となる層の最小厚さ	5
7.4 円筒面及び球面の試験片に対する試験	5
8 試験	6
8.1 試験温度	6
8.2 日常点検	6
8.3 装置の取り外し又は交換後の試験	6
8.4 ダイヤモンド圧子及び球圧子の適用及び検証	6
8.5 試験片の支持	6
8.6 試験力の付与	6
8.7 円筒及び球面に対する試験	7
8.8 装置の衝撃及び振動からの保護	7
8.9 隣接するくぼみの中心間の距離	7
9 試験結果の不確かさ	7
10 試験報告書	8
11 他の硬さスケール又は引張強さへの換算	8
附属書 A (規定) 薄い製品に対する HR30Tm 及び HR15Tm 試験	9
附属書 B (規定) ロックウェル硬さ及び ロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験片の最小厚さ	10
附属書 C (規定) 円筒面のロックウェル硬さ値及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ値に対する補正	14

附属書 D (規定) 球面のロックウェル C スケール硬さ値に対する補正	16
附属書 E (規定) 試験機の日常点検	17
附属書 F (規定) ダイヤモンド圧子の検査	20
附属書 G (参考) 測定した硬さ値の不確かさ	21
附属書 H (参考) CCM-硬さワーキンググループ	27
附属書 I (参考) ロックウェル硬さ測定のトレーサビリティ	28
附属書 JA (参考) JIS と対応国際規格との対比表	32

まえがき

この規格は、産業標準化法第 16 条において準用する同法第 14 条第 1 項の規定に基づき、認定産業標準作成機関である一般社団法人日本鉄鋼連盟（JISF）から、産業標準の案を添えて日本産業規格を改正すべきとの申出があり、経済産業大臣が改正した日本産業規格である。これによって、JIS Z 2245:2016 は改正され、この規格に置き換えられた。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

ロックウェル硬さ試験—試験方法

Rockwell hardness test-Test method

序文

この規格は、2016年に第4版として発行されたISO 6508-1を基とし、技術的内容を変更して作成した日本産業規格である。

なお、この規格で側線又は点線の下線を施してある箇所は、対応国際規格を変更している事項である。技術的差異の一覧表にその説明を付けて、附属書JAに示す。

1 適用範囲

この規格は、金属材料に関する固定式又は携帯式の硬さ試験機のロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験方法について規定する。硬さの各スケール及び適用する範囲は、表1及び表2に示す。

超硬合金のような特定の材料及び製品については、特定の規格（例えば、ISO 3738-1、ISO 4498など）を適用する。

注記1 ISO 6508-1では、ロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さの球圧子は、タングステンカーバイド複合材（以下、超硬合金球という。）を用いることを標準とし、附属書Aに従う場合だけ、鋼球圧子を使用することとしている。次回の改正時には、この規格においても、超硬合金球圧子を標準圧子とする予定である（表1、表2、5.2、6.3、及び表E.1参照）。ただし、附属書Aは鋼球を標準圧子とする予定である。

注記2 超硬合金球によって得られた試験結果が、鋼球を用いたものに対して有意な差がでる可能性のある事実に注意を要する。

注記3 ISO 6508-1では、ロックウェル硬さをロックウェルレギュラー硬さ（Rockwell regular hardness）及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ（Rockwell superficial hardness）と分類しているが、この規格では、それぞれを“ロックウェル硬さ”及び“ロックウェルスーパーフィシャル硬さ”と記載している。

注記4 この規格の対応国際規格及びその対応の程度を表す記号を、次に示す。

ISO 6508-1:2016, Metallic materials—Rockwell hardness test—Part 1: Test method (MOD)

なお、対応の程度を表す記号“MOD”は、ISO/IEC Guide 21-1に基づき、“修正している”ことを示す。

警告 この規格に基づいて試験を行う者は、通常の試験室での作業に精通していることを前提とする。この規格は、その使用に関連して起こる全ての安全上の問題を取り扱おうとするものではない。この規格の利用者は、各自の責任において安全及び健康に対する適切な措置をとらなければならない。

ない。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS B 7726 ロックウェル硬さ試験－試験機の検証及び校正

JIS B 7730 ロックウェル硬さ試験－基準片の校正

JIS G 0202 鉄鋼用語（試験）

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、JIS G 0202 による。

4 原理

この規格で規定する寸法、形状及び材質の圧子を、試験片表面に、簡条 8 で規定する条件を用い、2 段階の試験力レベルで押し込む。まず、規定の初試験力を付与し、初期のくぼみ深さを測定する。規定の追加試験力を付与した後、追加試験力を解放し初試験力に戻して最終のくぼみ深さを測定する。ロックウェル硬さ値又はロックウェルスーパーフィシャル硬さ値を、最終のくぼみ深さと初期のくぼみ深さとの差異 h 並びに二つの定数 N 及び S を用いて、式(1)によって求める（図 1、表 1、表 2 及び表 3 を参照）。

$$\text{ロックウェル硬さ又はロックウェルスーパーフィシャル硬さ} = N - \frac{h}{S} \quad \cdots \cdots (1)$$

注記 くぼみ深さは、圧子の侵入深さを意味する。

5 記号及び内容並びに硬さの表示

5.1 記号及び内容

記号及びその内容は、図 1、表 1、表 2 及び表 3 による。

表 1－ロックウェル硬さのスケール及びその内容

スケール	硬さ記号	圧子	初試験力 F_0 (N)	全試験力 F (N)	換算定数 S (mm)	スケールに 固有の定数 N	適用する範囲
A	HRA	円すい形ダイヤモンド	98.07	588.4	0.002	100	20 HRA～95 HRA
B	HRB	球 ^{b)} 1.587 5 mm	98.07	980.7	0.002	130	10 HRB～100 HRB
C	HRC	円すい形ダイヤモンド	98.07	1 471	0.002	100	20 ^{a)} HRC～70 HRC
D	HRD	円すい形ダイヤモンド	98.07	980.7	0.002	100	40 HRD～77 HRD
E	HRE	球 ^{b)} 3.175 mm	98.07	980.7	0.002	130	70 HRE～100 HRE
F	HRF	球 ^{b)} 1.587 5 mm	98.07	588.4	0.002	130	60 HRF～100 HRF
G	HRG	球 ^{b)} 1.587 5 mm	98.07	1 471	0.002	130	30 HRG～94 HRG
H	HRH	球 ^{b)} 3.175 mm	98.07	588.4	0.002	130	80 HRH～100 HRH
K	HRK	球 ^{b)} 3.175 mm	98.07	1 471	0.002	130	40 HRK～100 HRK

注 ^{a)}	ダイヤモンド圧子の表面が、少なくとも 0.4 mm のくぼみ深さに相当する部分まで研磨されていれば、10 HRC まで適用する範囲を広げてもよい。
注 ^{b)}	他に規定がない場合、超硬合金球を用い、硬さ記号の末尾（用いた球圧子の種類）に“W”を付ける（5.2 の例参照）。他の規定によって、鋼球を用いた場合、“S”を付ける（5.2 の例参照）。

表 2—ロックウェルスーパーフィシャル硬さのスケール及びその内容

スケール	硬さ記号	圧子	初試験力 F_0 (N)	全試験力 F (N)	換算定数 S (mm)	スケールに固有の定数 N	適用する範囲
15N	HR15N	円すい形ダイヤモンド	29.42	147.1	0.001	100	70 HR15N～94 HR15N
30N	HR30N	円すい形ダイヤモンド	29.42	294.2	0.001	100	42 HR30N～86 HR30N
45N	HR45N	円すい形ダイヤモンド	29.42	441.3	0.001	100	20 HR45N～77 HR45N
15T	HR15T	球 ^{a)} 1.587 5 mm	29.42	147.1	0.001	100	67 HR15T～93 HR15T
30T	HR30T	球 ^{a)} 1.587 5 mm	29.42	294.2	0.001	100	29 HR30T～82 HR30T
45T	HR45T	球 ^{a)} 1.587 5 mm	29.42	441.3	0.001	100	10 HR45T～72 HR45T
注 ^{a)} 他に規定がない場合、超硬合金球を用い、硬さ記号の末尾（用いた球圧子の種類）に“W”を付ける（5.2 の例参照）。他の規定によって、鋼球を用いた場合、“S”を付ける（5.2 の例参照）。							

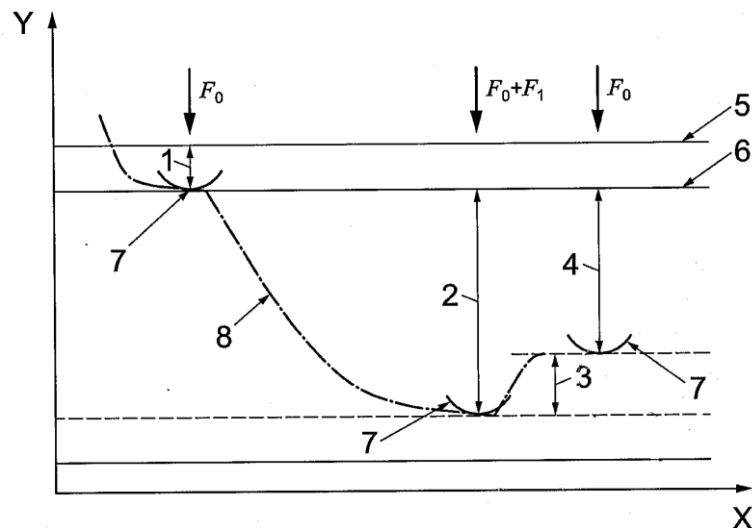
製品規格の規定又は受渡当事者間の協定によって、直径 6.350 mm 及び 12.70 mm の球圧子を用いたスケールを用いてもよい。これらの球圧子を用いたスケールは、ASTM E18[11]を参照する。

注記 2 ある材料では、示された適用範囲を狭める場合がある。

注記 3 ロックウェルスーパーフィシャル硬さのスケール記号の前の試験力を示す数字は、重量キログラム (kgf) の単位での試験力を表している。例えば、30 kgf の全試験力は、294.2 N に変換されている。

表 3—記号及びその内容

記号	内容	単位
F_0	初試験力	N
F_1	追加試験力（全試験力から初試験力を減じたもの）	N
F	全試験力	N
HRA, HRC, HRD	ロックウェル硬さ $=100 - \frac{h}{0.002}$	—
HRB, HRE, HRF, HRG, HRH, HRK	ロックウェル硬さ $=130 - \frac{h}{0.002}$	—
HRN, HRT	ロックウェルスーパーフィシャル硬さ $=100 - \frac{h}{0.001}$	—
h	追加試験力を除去して、初試験力に戻したときの永久くぼみ深さ	mm
N	スケールに固有の定数	—
S	スケールに固有の 1 HR に対応する硬さ換算定数	mm



記号説明

X : 時間

Y : 圧子位置

1 : 初試験力 F_0 によるくぼみ深さ

2 : 追加試験力 F_1 によるくぼみ深さ

3 : 追加試験力 F_1 解放による弾性回復

4 : 永久くぼみ深さ h

5 : 試験片表面

6 : 永久くぼみ深さ測定の基準面

7 : 圧子の位置

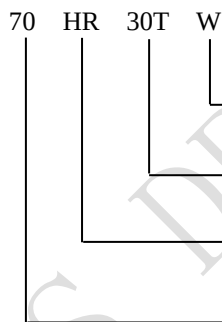
8 : くぼみ深さと時間との曲線

図 1—ロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さの原理図

5.2 硬さの表示

ロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さの表示は、次の例による。

例



用いた球圧子の種類 : S=鋼球, W=超硬合金球

ロックウェル硬さスケール又はロックウェルスーパーフィシャル硬さスケールの記号 (表 1 又は表 2 参照)

ロックウェル硬さ又はロックウェルスーパーフィシャル硬さの記号

ロックウェル硬さ又はロックウェルスーパーフィシャル硬さの値

注記 1 ISO 6508-1 では、超硬合金球の W だけが、圧子として記載されている。

注記 2 ISO 6508-1 では、鋼球の使用は、附属書 A で規定する HR30TSm 及び HR15TSm だけに認められている。大文字 S 及び小文字 m は、それぞれ鋼球圧子及びダイヤモンドアンビルを示している。

6 試験機

6.1 試験機

試験機は、表 1 及び表 2 に示す試験力の幾つか又は全てを、箇条 8 で規定する手順で付与することができ、かつ、JIS B 7726 の規定に適合しなければならない。

6.2 円すい形ダイヤモンド圧子

円すい形ダイヤモンド圧子（以下、ダイヤモンド圧子という。）は、**JIS B 7726**に準拠した、円すい角度 120° 、先端の曲率半径 0.2 mm のものとする。ダイヤモンド圧子は、使用に際し、次のいずれかに識別されたものを用いることが望ましい。

- ー ロックウェル硬さのダイヤモンドスケールだけ
- ー ロックウェルスーパーフィシャル硬さのダイヤモンドスケールだけ
- ー ロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さのダイヤモンドスケール

6.3 球圧子

超硬合金球圧子及び鋼球圧子は、**JIS B 7726**に準拠した、直径 1.5875 mm 又は 3.175 mm のものとし、他に規定がない場合、超硬合金球を用いる。

球圧子は、通常、球及び別に適切に設計されたホルダーで構成する。一体型の球圧子の場合、**JIS B 7726**の **5.3.2** [球圧子 (B, E, F, G, H, K 及び T スケール)] に規定する寸法、形状、仕上げ及び硬さの要求内容に適合したものを用いる。

7 試験片

7.1 試験片表面

試験は、製品又は材料の規格に別途指定のない限り、滑らかで凹凸がなく、酸化物の皮膜（スケール）及び異物（特に潤滑剤）の付着していない表面で行う。チタンのように圧子に反応し、付着する可能性がある材料は、例外とし、このような場合には、灯油などの適切な潤滑剤を用いてもよい。潤滑剤を使用したことは、記録しなければならない。

7.2 試験片の仕上げ

試験片の仕上げは、過熱、冷間加工などによる表面の硬さの変化を最小限に抑えるように行う。特に、浅いくぼみ深さで試験するときには、試験片の仕上げに注意する。

7.3 試験片又は試験対象となる層の最小厚さ

試験片又は試験対象となる層の最小厚さ（**附属書 B** 参照）は、薄い試験片の適用が、硬さの測定値に影響がないことを証明しない限り、ダイヤモンド圧子のとき永久くぼみ深さ h の 10 倍、球圧子のとき永久くぼみ深さ h の 15 倍とする。

一般的に、試験後、試験片の裏面に目に、見える変形がないことが望ましい。しかし、変形が見える全ての試験が、不適切とはいえない（**附属書 A** 参照）。

HR30Tm 及び **HR15Tm** スケールを用いる非常に薄い板状金属に対する特別な要求事項は、**附属書 A** による。

注記 **ISO 6508-1** では、**附属書 A** における非常に薄い板状試験片には、鋼球とダイヤモンドアンビルとの組合せである **HR30Tsm** 及び **HR15Tsm** だけを認めている。

7.4 円筒面及び球面の試験片に対する試験

凸状の円筒面及び球面の試験片に対する試験は、8.7による。

8 試験

8.1 試験温度

この規格では、試験温度は、10℃～35℃の範囲内とする。規定の温度以外で試験を行う場合、その試験の影響の評価は、試験所の責任で行わなければならない。10℃～35℃の温度範囲以外で試験を行う場合には、試験温度を記録し、報告しなければならない。

注記 試験及び／又は校正中に大きな温度変化がある場合、測定の不確かさの増大及び許容値を外れる可能性がある。

8.2 日常点検

附属書 E で規定する日常点検は、用いる硬さスケールごとに、その日の最初の試験前に行わなければならない。ダイヤモンド圧子の状態は、**附属書 F** によって、点検することが望ましい。

8.3 装置の取り外し又は交換後の試験

ダイヤモンド圧子、球圧子及び試験片支持装置の、交換又は取り外し取り付け後、少なくとも2回試験を行い、その試験結果は、採用しない。その後、**附属書 E** に規定する日常点検の手順を行い、試験機に圧子及び試験片支持装置が適切に取り付けられていることを確認する。

8.4 ダイヤモンド圧子及び球圧子の適用及び検証

ダイヤモンド圧子及び球圧子は、前回（直前）の間接検証時に用いられたものを用いなければならない。圧子が、前回（直前）の間接検証時に用いられたものでなく、初めて用いるもの場合には、通常用いるロックウェルスケールごとに、**JIS B 7726の表4（各スケールの検証に用いる硬さ範囲）**に規定する低い硬さ及び高い硬さ範囲から一つずつ、少なくとも二つの基準片を用いて、**附属書 E** の日常点検に従って検証しなければならない。この手順は、球圧子の球の交換には適用しない。

8.5 試験片の支持

試験片は、しっかりした支持台の上に載せ、測定面が圧子の軸及び試験力の作用方向に対して垂直になるようにし、試験片が移動しないように支持する。

円筒形の試験片は、硬さが少なくとも60 HRCの鋼製のセンタリング用Vブロック又は二つの円筒上に適切に支持する。特に、圧子、試験片、センタリング用Vブロック及び試験片ホルダーが正しく配置・保持されているか注意する。特に、これらが垂直線上に配置されていない場合、正しい測定結果が得られない可能性がある。

8.6 試験力の付与

試験力の付与は、次による。

- a) 衝撃、振動などを伴うことなく圧子を測定面に接触させ、初試験力 F_0 を付与する。初試験力に達するまでの時間は、2秒以下が望ましい。初試験力の保持時間は、 3^{+1}_{-2} 秒でなければならない。

注記 保持時間の要求は、非対称な許容範囲で示されている。

3^{+1}_{-2} 秒は、3秒が公称の保持時間であり、許容範囲は、1秒（3秒－2秒）以上、4秒（3

秒+1 秒) 以下である。

- b) 初くぼみ深さ (初試験力 F_0 によるくぼみの深さ) を測定する。多くの手動 (ダイヤル指示) 試験機では、指示ダイヤルを定値 (set-point) 又はゼロ点に設定する。多くの自動 (デジタル) 試験機では、深さ測定は、使用者の入力なしに自動で行われ、表示されない場合もある。
- c) 追加試験力 F_1 を衝撃、振動、揺れ又は過負荷がないように付与し、初試験力 F_0 から全試験力 F に試験力を増加させる。ロックウェル硬さスケールでは、追加試験力 F_1 を 1 秒以上 8 秒以下で付与する。全てのロックウェルスーパーフィシャル硬さスケール HRN 及び HRT では、追加試験力 F_1 を 4 秒以内で付与する。間接検証で用いたものと同じ試験サイクルで行うことが望ましい。

ある材料では、ひずみ速度感受性が高く、降伏応力の値に小さな変化を及ぼすとの知見がある。くぼみ形成の最終期で同様の影響が硬さ値に違いをもたらす可能性がある。

- d) 全試験力 F は、 5_{-3}^{+1} 秒間保持しなければならない。追加試験力 F_1 を解放し、初試験力 F_0 を維持する。 4_{-3}^{+1} 秒後、最後の指示値を読み取らなければならない。

全試験力保持中に過剰な塑性流動 (押し込みクリープ) を示す材料に対しては、圧子が侵入し続けるので、特別な考慮が必要となる場合がある。材料が、6 秒を超える全試験力保持時間を要する場合は、用いた全試験力の延長した保持時間を試験結果の後に記載しなければならない (例えば、HRFW/10 s)。

- e) 初試験力 F_0 を付与した状態で最終くぼみ深さを測定する。ロックウェル硬さ値及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ値は、式(1)並びに表 1、表 2 及び表 3 の情報を用いて、永久くぼみ深さ h によって計算する。ほとんどのロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験機では、深さ測定は、ロックウェル硬さ値及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ値を自動で計算し、表示する方法で行われる。

a)～e)までのロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験の手順を、図 1 に示す。

8.7 円筒及び球面に対する試験

凸状の円筒及び球面に対する試験では、試験片の硬さは、読取り値に附属書 C (表 C.1, 表 C.2, 表 C.3 又は表 C.4) 又は附属書 D (表 D.1) で与えられる補正値を加えなければならない。

凹状試験面に対する試験の補正値がない場合、そのような表面への試験は、受渡当事者間の協定による。

8.8 装置の衝撃及び振動からの保護

試験中、装置は、衝撃及び振動から保護されていなければならない。

8.9 隣接するくぼみの中心間の距離

二つの隣接するくぼみの中心間の距離は、くぼみの直径の 3 倍以上でなければならない。くぼみの中心から試験片の縁までの距離は、2.5 倍以上でなければならない。

9 試験結果の不確かさ

不確かさの評価は、ISO/IEC Guide 98-3[3]に従って行うことが望ましい。

要因のタイプとは関係なく、硬さの不確かさの評価には、次の二つの方法がある。

- 直接検証に関わる全ての関連する要因の評価を基にする方法。参考文献として EURAMET Guide CG-16 [4]が利用できる。

- 硬さ基準片（以下，CRM という。）[2]，[3]，[4]，[5]を用いた間接検証に基づく方法。不確かさの見積りのガイドラインを**附属書 G**に示す。

注記 **附属書 G**には、製品規格で規定する特性を評価する試験に、この不確かさによって更なる調整を行うことは、不適切であると規定されている。

10 試験報告書

報告が必要な場合には、受渡当事者間の協定のない限り、少なくとも次の項目を含む。なお、受渡当事者間の協定によって、次の項目の一部を省略してもよい。

- a) この規格に準拠している表示
- b) 試験片の識別に必要な詳細情報（試験片表面の曲面及びその補正值を含む。）
- c) 試験温度（10 °C～35 °Cの温度範囲でない場合）
- d) 得られた結果（5.2 に規定する様式による。）
- e) この規格に規定されていない実施事項，又は任意とみなされている全ての実施事項
- f) 結果に影響を及ぼしたおそれのある事象
- g) 全試験力の保持時間が許容範囲を含め 6 秒を超えた場合の実際の付与時間
- h) 試験実施日
- i) 他の硬さスケールへの換算をした場合，その換算の根拠及び方法（ISO 18265[12]参照）。

11 他の硬さスケール又は引張強さへの換算

ロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さを他の硬さスケールに，又はロックウェル硬さ及びロックウェルスーパーフィシャル硬さを引張強さに正確に変換する一般的方法はない。このため，そのような変換は，比較試験によって信頼できる換算の根拠がない限り避けることが望ましい（ISO 18265[12]も参照）。

附属書 A (規定)

薄い製品に対する HR30Tm 及び HR15Tm 試験

A.1 概要

この試験は、製品規格の規定又は受渡当事者間の協定のない限り、通常、最大 0.6 mm の厚さから製品規格で規定する最小厚さまでの製品に適用する。硬さが 82 HR30Tm 以下又は 93 HR15Tm 以下の製品に対して、適用される。

ここで、m はダイヤモンドアンビルの使用を示し、記号は、鋼球圧子を用いる場合には、TSm とし、超硬合金球圧子を用いる場合には、TWm とする。

HR30Tm 及び HR15Tm 試験を適用する場合には、製品規格の規定、又は受渡当事者間の協定による。圧子について、製品規格の規定又は受渡当事者間の協定がない場合、鋼球を適用する。

この試験は、この規格で規定する HR30T 又は HR15T と同様の条件で行う。

注記 ISO 6508-1 では、鋼球圧子とダイヤモンドアンビルとの組合せ (TSm) だけが認められている。

試験前に、試験片保持装置（ダイヤモンドアンビル）が測定結果に影響しないことを検証するために、既知の硬さの薄板試料（試験片）で、硬さ試験を行うことが望ましい。

本体の規定によるほかに、A.2～A.5 の条件を満たさなければならない。

A.2 球圧子

この試験に用いる球圧子は、直径 1.587 5 mm の JIS B 7726 に適合しなければならない。

A.3 試験片の支持台

試験片の支持台は、表面が滑らかに研磨された直径約 4.5 mm のダイヤモンドとする。この支持台の表面の中心を圧子の軸と合わせ、圧子の軸と支持台表面との角度は、垂直とする。試験片の支持台は、試験機に正確に設置されるよう注意する。

A.4 試験片の前処理

通常、試験片の前処理は行わない。試験片の表面を削り取る必要がある場合は、試験片の両面にその処理を行うことが望ましい。この処理によって、加熱、加工硬化などによってベースメタル（地の金属）の状態が変化しないように注意する。ベースメタルが最小許容厚さより薄くなってはならない。

A.5 くぼみの位置

二つの隣接するくぼみの中心間の距離及びくぼみの中心から試験片の縁までの距離は、特に指定のない限り、5 mm 以上とする。

附属書 B
(規定)

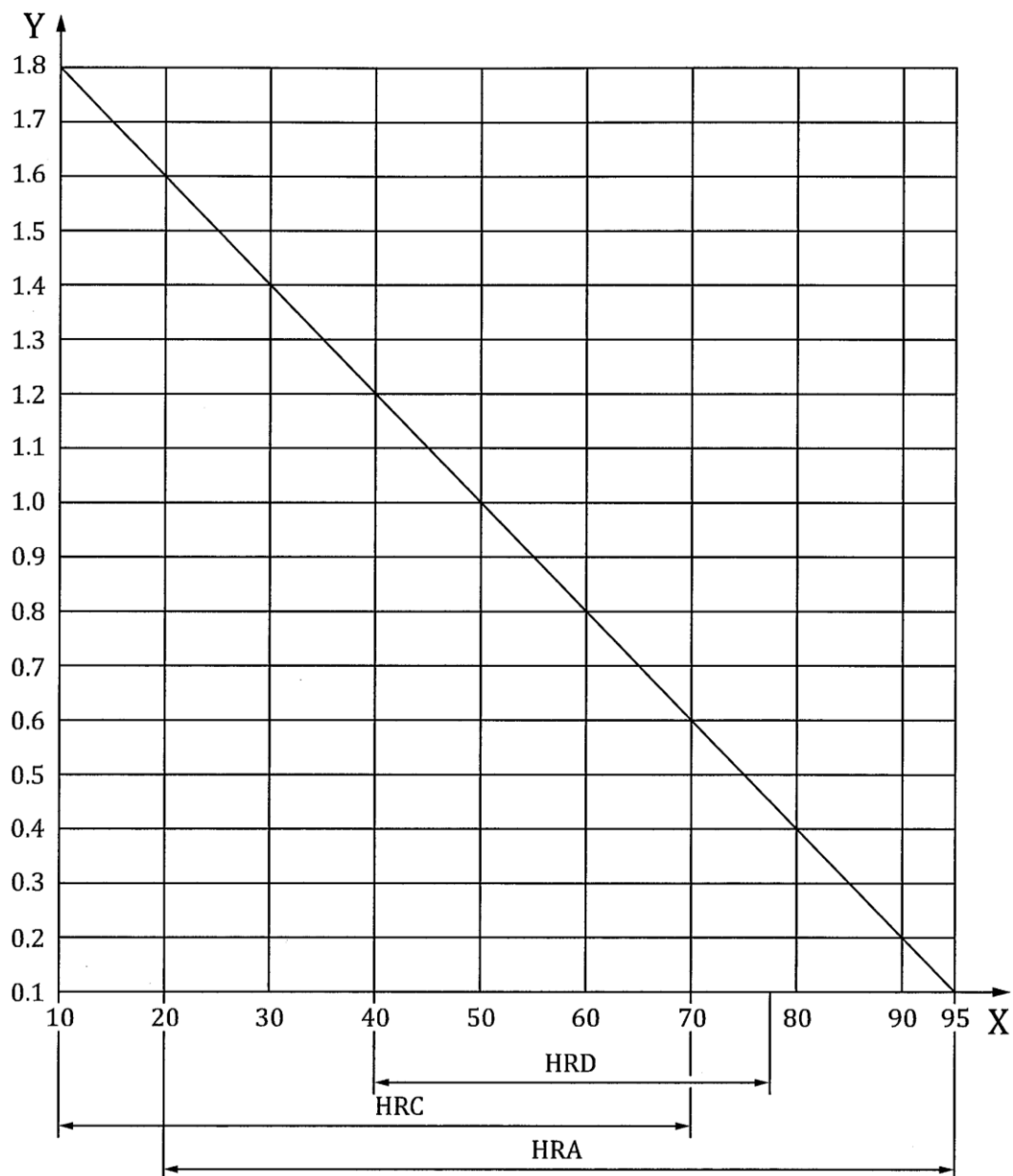
ロックウェル硬さ及び
ロックウェルスーパーフィシャル硬さ試験片の最小厚さ

試験片又は試験対象となる層の最小厚さを、図 B.1～図 B.3 に示す。

表 B.1 に、試験片の最小厚さ t (mm) の算出式を示す。

表 B.1—圧子及び硬さによる試験片の最小厚さ算出式

圧子	試験片の最小厚さ t (mm)	
	ロックウェル硬さ	ロックウェル スーパーフィシャル硬さ
ダイヤモンド圧子	$10 h$ 又は $0.02(100-H)$	$10 h$ 又は $0.01(100-H)$
球圧子	$15 h$ 又は $0.03(130-H)$	$15 h$ 又は $0.015(100-H)$
ここで、 h : 永久くぼみ深さ (mm), H : 硬さ値		

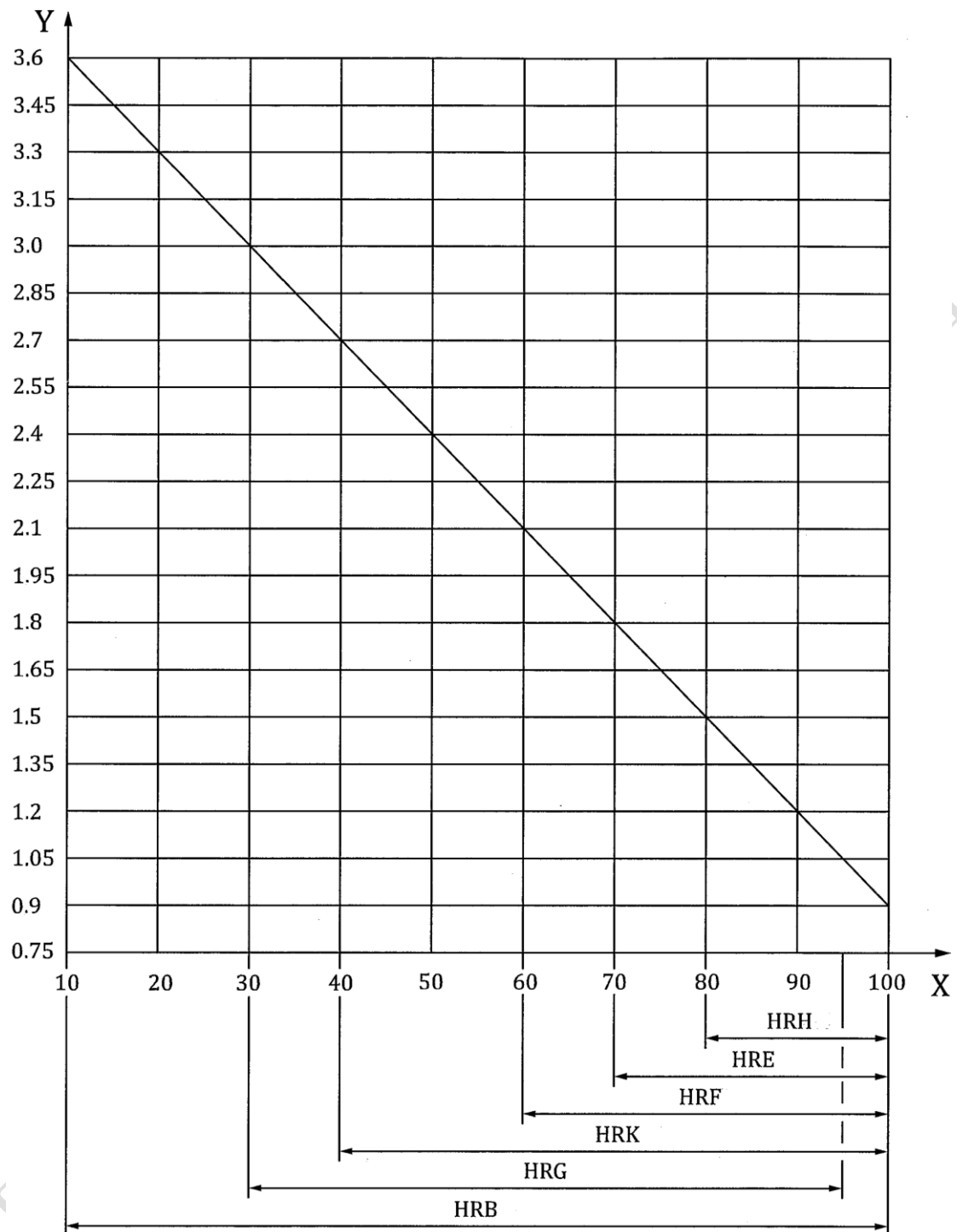


記号説明

X：ロックウェル硬さ

Y：試験片又は試験対象となる層の最小厚さ (mm)

図 B.1—円すい形ダイヤモンド圧子を用いる試験（A, C 及び D スケール）の試験片の最小厚さ

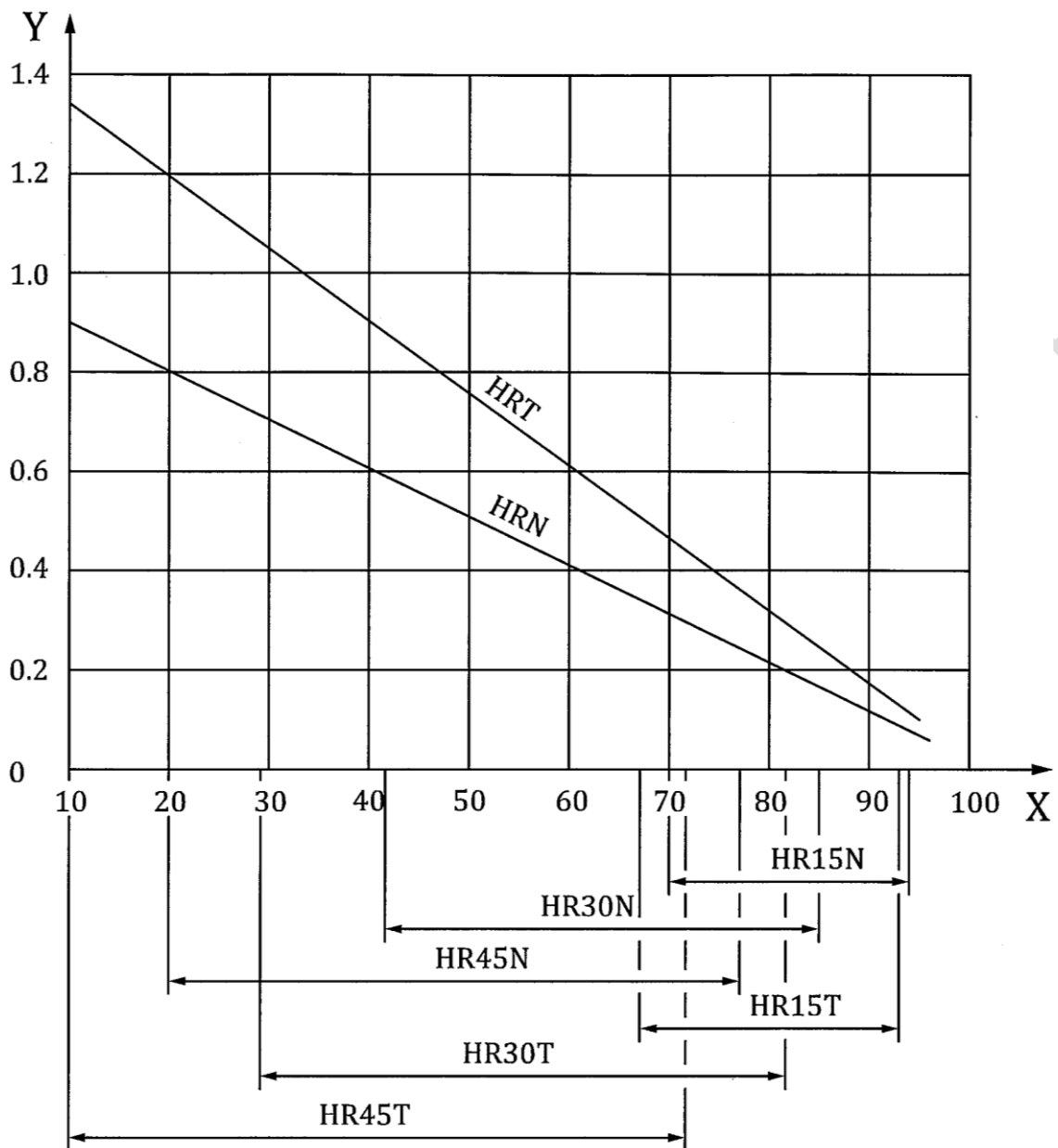


記号説明

X : ロックウェル硬さ

Y : 試験片又は試験対象となる層の最小厚さ (mm)

図 B.2—球圧子を用いる試験 (B, E, F, G, H 及び K スケール) の試験片の最小厚さ



記号説明

X：ロックウェル硬さ

Y：試験片又は試験対象となる層の最小厚さ (mm)

図 B.3—ロックウェルスーパーフィシャル試験（N 及び T スケール）の試験片の最小厚さ

附属書 C
(規定)

円筒面のロックウェル硬さ値及び
ロックウェルスーパーフィシャル硬さ値に対する補正

凸状円筒面に対する試験については、表 C.1～表 C.4 に規定する補正値を、硬さ読取り値に加える。表に記載されていない曲率半径の場合、直線補間によって補正値を導いてもよい。

表 C.1-A, C 及び D スケールに対する補正值

硬さ読 取り値	測定部の曲率半径 (mm)								
	3	5	6.5	8	9.5	11	12.5	16	19
20	a)	a)	a)	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25	a)	a)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30	a)	a)	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35	a)	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40	a)	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0

注 a) 3 HRA, 3 HRC 及び 3 HRD を超える補正は適切ではないため、表に含めていない。

表 C.2-B, F 及び G スケールに対する補正值

硬さ読 取り値	測定部の曲率半径 (mm)						
	3	5	6.5	8	9.5	11	12.5
20	a)	a)	a)	4.5	4.0	3.5	3.0
30	a)	a)	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5
40	a)	a)	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
50	a)	a)	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
60	a)	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0
70	a)	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
80	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5
90	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0
100	3.5	2.5	1.5	1.5	1	1	0.5

注 a) 5 HRB, 5 HRF 及び 5 HRG を超える補正は適切ではないため、表に含めていない。

表 C.3—N スケールに対する補正值 ^{a) b)}

硬さ読 取り値	測定部の曲率半径 (mm)					
	1.6	3.2	5	6.5	9.5	12.5
20	(6.0) ^{c)}	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5
25	(5.5) ^{c)}	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0
30	(5.5) ^{c)}	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0
35	(5.0) ^{c)}	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
40	(4.5) ^{c)}	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0
45	(4.0) ^{c)}	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
50	(3.5) ^{c)}	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
55	(3.5) ^{c)}	2.0	1.5	1.0	0.5	0.5
60	3.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
65	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5
70	2.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
75	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0
80	1.0	0.5	0.5	0.5	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
90	0	0	0	0	0	0

注 ^{a)} 補正值は近似値で、表に記載した曲率をもつ試験面で実際に多数の結果を観察した値の平均（0.5 単位で最も近いロックウェルスーパーフィシャル硬さ値）を表にしている。

注 ^{b)} 凸状円筒面に対する試験の精度は、試験片昇降ねじ、V アンビル及び圧子がずれていたり、表面仕上げ及び円筒の真直度が不完全だったりすると、かなりの影響を受ける。

注 ^{c)} 括弧内の補正值は、受渡当事者間の合意のない限り使用しない。

表 C.4—T スケールに対する補正值 ^{a) b)}

硬さ読 取り値	測定部の曲率半径 (mm)						
	1.6	3.2	5	6.5	8	9.5	12.5
20	(13.0) ^{c)}	(9.0) ^{c)}	(6.0) ^{c)}	(4.5) ^{c)}	(3.5) ^{c)}	3.0	2.0
30	(11.5) ^{c)}	(7.5) ^{c)}	(5.0) ^{c)}	(4.0) ^{c)}	(3.5) ^{c)}	2.5	2.0
40	(10.0) ^{c)}	(6.5) ^{c)}	(4.5) ^{c)}	(3.5) ^{c)}	3.0	2.5	2.0
50	(8.5) ^{c)}	(5.5) ^{c)}	(4.0) ^{c)}	3.0	2.5	2.0	1.5
60	(6.5) ^{c)}	(4.5) ^{c)}	3.0	2.5	2.0	1.5	1.5
70	(5.0) ^{c)}	(3.5) ^{c)}	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
80	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
90	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5

注 ^{a)} 補正值は近似値で、表に記載した曲率をもつ試験面で実際に多数の結果を観察した値の平均（0.5 単位で最も近いロックウェルスーパーフィシャル硬さ値）を表にしている。

注 ^{b)} 凸状円筒面に対する試験の精度は、試験片昇降ねじ、V アンビル及び圧子がずれていたり、表面仕上げ及び円筒の真直度が不完全だったりすると、かなりの影響を受ける。

注 ^{c)} 括弧内の補正值は、受渡当事者間の合意のない限り使用しない。

附属書 D
(規定)

球面のロックウェル C スケール硬さ値に対する補正

凸球面に対する試験については、表 D.1 に規定する補正値を、硬さ読取り値に加える。

表 D.1—C スケールに対する補正値 ΔH

硬さ読 取り値	球面の直径 d (mm)								
	4	6.5	8	9.5	11	12.5	15	20	25
55 HRC	6.4	3.9	3.2	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0
60 HRC	5.8	3.6	2.9	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9
65 HRC	5.2	3.2	2.6	2.2	1.9	1.7	1.4	1.0	0.8

ロックウェル C スケール硬さに対する補正値 ΔH (表 D.1) は、式(D.1)による。

$$\Delta H = 59 \times \frac{\left(1 - \frac{H}{160}\right)^2}{d} \dots\dots\dots (D.1)$$

ここで、

- H : ロックウェル C スケール硬さの読取り値
(補正前の値)
d : 球面の直径 (mm)

附属書 E (規定) 試験機の日常点検

E.1 一般

試験機は、使用する日ごとに使用予定の各硬さスケールで試験を行うことによって、日常点検を実施する。**表 E.1** に規定された範囲の中から、**JIS B.7730** の要求に適合する少なくとも一つの硬さ基準片を選ぶ。選ぶ硬さレベルは、試験する対象物に近いことが望ましい。試験には、基準片の校正された面だけを用いる。各基準片に少なくとも二つのくぼみをつけ、式(E.1)及び式(E.3)を用いて、偏りと繰返し性を求める。偏り及び繰返し性は、**表 E.1** の許容差内であれば、試験機は、適合しているとみなしてよい。そうでない場合は、圧子、試験片保持装置及び試験機が良好な状態であることを検証し、試験を繰り返す。試験機が日常点検で不合格を続ける場合は、**JIS B.7726** の**簡条 6** (間接検証) に規定する間接検証を実施しなければならない。

日常点検結果の記録は、一定の期間にわたって保持し、再現性の測定及び試験機のドリフト (drift) の監視に用いることが望ましい。

E.2 偏り (bias)

個々の検証 (particular verification conditions) において試験機の偏り b は、式(E.1)による。

$$b = \bar{H} - H_{\text{CRM}} \quad \text{.....(E.1)}$$

ここで、
 $\bar{H}$: 式(E.2)で得られる平均硬さ
 H_{CRM} : 用いた基準片の認証硬さ

平均硬さ $\bar{H}$ は、式(E.2)による。

$$\bar{H} = \frac{H_1 + \cdots + H_n}{n} \quad \text{.....(E.2)}$$

ここで、
 $H_1, \cdots, H_n$: 個々の測定硬さ
 n : くぼみの数

E.3 繰返し性の範囲 (repeatability range)

個々の基準片に対する繰返し性の範囲を求めるために、測定した硬さを昇順に $H_1, \cdots, H_n$ として並べる。

個々の検証において、試験機の繰返し性は、式(E.3)にる。

$$r = H_n - H_1 \quad \text{.....(E.3)}$$

表 E.1—試験機の許容繰返し性範囲及び偏り

ロックウェル硬さ又は ロックウェルスーパー フィシャル硬さスケール	基準片の硬さ範囲	許容される偏り b ロックウェル単位	試験機の許容される 繰返し性範囲 ^{a)}
A	20 HRA 以上 75 HRA 以下 75 HRA 超え 95 HRA 以下	± 2 HRA ± 1.5 HRA	$\leq 0.02(100 - \bar{H})$ 又は $0.8\text{HRA}^{b)}$
B ^{c)}	10 HRB 以上 45 HRB 以下 45 HRB 超え 80 HRB 以下 80 HRB 超え 100 HRB 以下	± 4 HRB ± 3 HRB ± 2 HRB	$\leq 0.04(130 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRB}^{b)}$
C	10 HRC 以上 70 HRC 以下	± 1.5 HRC	$\leq 0.02(100 - \bar{H})$ 又は $0.8\text{HRC}^{b)}$
D	40 HRD 以上 70 HRD 以下 70 HRD 超え 77 HRD 以下	± 2 HRD ± 1.5 HRD	$\leq 0.02(100 - \bar{H})$ 又は $0.8\text{HRD}^{b)}$
E ^{c)}	70 HRE 以上 90 HRE 以下 90 HRE 超え 100 HRE 以下	± 2.5 HRE ± 2 HRE	$\leq 0.04(130 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRE}^{b)}$
F ^{c)}	60 HRF 以上 90 HRF 以下 90 HRF 超え 100 HRF 以下	± 3 HRF ± 2 HRF	$\leq 0.04(130 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRF}^{b)}$
G ^{c)}	30 HRG 以上 50 HRG 以下 50 HRG 超え 75 HRG 以下 75 HRG 超え 94 HRG 以下	± 6 HRG ± 4.5 HRG ± 3 HRG	$\leq 0.04(130 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRG}^{b)}$
H ^{c)}	80 HRH 以上 100 HRH 以下	± 2 HRH	$\leq 0.04(130 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRH}^{b)}$
K ^{c)}	40 HRK 以上 60 HRK 以下 60 HRK 超え 80 HRK 以下 80 HRK 超え 100 HRK 以下	± 4 HRK ± 3 HRK ± 2 HRK	$\leq 0.04(130 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRK}^{b)}$
15N, 30N, 45N	全範囲	± 2 HRN	$\leq 0.04(100 - \bar{H})$ 又は $1.2\text{HRN}^{b)}$
15T ^{c)} , 30T ^{c)} , 45T ^{c)}	全範囲	± 3 HRT	$\leq 0.06(100 - \bar{H})$ 又は $2.4\text{HRT}^{b)}$
注 ^{a)} $\bar{H}$ は、平均硬さ 注 ^{b)} いずれか大きい方 注 ^{c)} 他に規定がない場合、超硬合金球を用いる。			

例 1 低い硬さの HRC 基準片で次の日常点検の結果を得た：

24.0 HRC 及び 25.2 HRC

式(E.2)によって $\bar{H} = 24.6$ HRC 及び式(E.3)によって $r = 1.2$ HRC が導き出される。

表 E.1 によって、HRC スケールに対して許容される繰返し性の範囲は、HRC 24.6 では、 $0.02(100 - 24.6) = 1.51$ HRC ロックウェル単位となる。これは、 0.8 HRC ロックウェル単位より大きいので、この基準片に対する試験機の許容される繰返し性の範囲は、 1.51 HRC ロックウェル単位となる。

$r = 1.2$ HRC ロックウェル単位であるので、試験機の繰返し性は、合格である。

例 2 高い硬さの HRC 基準片で次の日常点検の結果を得た：

63.1 HRC 及び 63.9 HRC

式(E.2)によって、 $\bar{H} = 63.5$ HRC 及び式(E.3)によって $r = 0.8$ HRC が導き出される。

表 E.1 によって HRC スケールに対して許容される繰返し性の範囲は、HRC 63.5 では、 $0.02(100 - 63.5) = 0.73$ HRC となる。これは、 0.8 HRC より小さいので、この基準片に対する試験機の許容される繰返し性の範囲は、 0.8 HRC となる。

$r=0.8$ HRC であるので，試験機の繰返し性は，合格である。

JIS DRAFT 2020/10/14

附属書 F
(規定)
ダイヤモンド圧子の検査

最初は問題のなかった圧子でも、比較的短期間の使用後に使用できなくなる場合がある。これは、表面の小さなき裂、くぼみ又はその他のきずが原因となっている。このようなきずが見つかった場合には、研磨し直すことで再生できる場合が多い。しかし、いかなる小さなきずでも、見落としていると、急速に悪化して圧子が使えなくなる。したがって、使用開始時及び使用中にも頻繁に、適切な光学機器（顕微鏡、拡大鏡など）で、圧子の状態の確認を行う。

- － 圧子にきずを見つけた場合、圧子の検証は無効とする。
- － 研磨し直すなどして再生した圧子は、JIS B 7726の規定に従って、再検証しなければならない。

附属書 G

(参考)

測定した硬さ値の不確かさ

G.1 一般要求事項

測定の不確かさの分析は、誤差の原因の特定及び試験結果の違いを理解するのに有用なツールである。この附属書は、不確かさの見積りに対するガイダンスを示すものであり、特に顧客の指示がない限り導き出された値は、参考である。ほとんどの製品規格は、製品の要求内容に基づいて長年開発してきた許容差をもっているだけでなく、一部は硬さ測定を行うのに用いた試験機の性能にも基づいている。このため、これらの許容差は、硬さの測定の不確かさの寄与を含んでおり、この不確かさによって、例えば、硬さ測定の見積もった不確かさだけ規定の許容差を小さくするような調整を行うことは不適切である。言い換えれば、製品規格にある材料の硬さが、ある値より高いか低いかを規定している場合、製品規格に特別な記載のない限り、計算された硬さ値が、この要求に適合しているかどうかだけを規定しているものとみなす。しかしながら、測定の不確かさによって許容範囲を小さくすることが適切であるような特別な場合があるかもしれない。この場合、受渡当事者間の協定によってだけ、行うことが望ましい。

この附属書に記載する不確かさの測定手順は、硬さ基準片（以下、CRM という。）に対する硬さ試験機の総合性能の不確かさだけを対象としている。これらの性能の不確かさは、全ての個別の不確かさに結合効果として反映される。このようなアプローチであるので、個々の試験機の部品が許容差内で機能していることが重要である。この手順を検証及び校正に適合させた後、最大でも、検証及び校正に合格後 1 年以内に適用することを強く推奨する。

附属書 I は、硬さ基準を定義し普及させるのに必要な計量の連鎖（metrological chain）として、四つの階層を示している。この連鎖は、国際相互比較を行う、各種の硬さ基準の国際的定義を用いる国際レベル（international level）から始まる。第二の階層である国家レベル（national level）の一次硬さ標準試験機（primary hardness standard machine）によって、一次硬さ基準片が得られ、この基準片によって、第三階層である校正レベルの硬さ校正試験機が定められる。この校正試験機によって、第四階層である使用者レベルの硬さ基準片が得られる。通常、これらの試験機の直接校正及び検証は、最も高い精度で行われることが望ましい。

G.2 一般手順

この手順では、測定した硬さ値に付随する拡張不確かさ U を計算する。この計算には、表 G.1 及び表 G.2 に、用いた記号の詳細とともに示した二つの異なる方法がある。どちらの方法も、多くの相関関係のない標準不確かさの要因を各項の二乗和の平方根（RSS）によって結合し、包含係数 $k=2$ を乗じる。一つの方法では、系統要因からの不確かさの寄与は、この値に算術的に加えられる。もう一方の方法は、この系統要因の成分を相殺するために試験結果を修正する方法である。

注記 この不確かさの計算方法では、校正の後、無視できる程度のものであるとみなし、試験機の性能のドリフトを考慮していない。このことから、この計算のほとんどが、試験機の校正の後すぐに行い、結果は試験機校正の認証に含まれる。

G.3 試験機の偏り

硬さ試験機の偏り b （“誤差”とも表記される。）は、次の差から導き出され、不確かさの見積りに異なる手順（G.4.2 及び G.4.3）で適用することができる [式(E.1)を参照]。

- － 硬さ基準片の認証校正値
- － 試験機の校正中に、硬さ基準片に打たれた 5 点のくぼみから求めた平均硬さ値

G.4 硬さ測定値に対する不確かさの計算手順

G.4.1 一般

硬さ測定の不確かさを求めるには二つの方法がある。方法 M1 は、二つの異なる手法で硬さ試験機の系統偏りを考慮する。方法 M2 は、系統偏りの大きさを考慮することなく不確かさを求めることを許容している。

硬さの不確かさに関する追加情報は、文献に示す[3], [4]。

注記 この附属書では、記号 CRM は、認証標準物質を意味している。硬さ試験規格の中では、認証標準物質は、基準片と同等である。すなわち、認証値及び付随する不確かさをもつ材料片に相当する。

G.4.2 偏りを含んだ手順（方法 M1）

測定の不確かさを求める方法 M1 の手順を、表 G.1 に示す。

硬さ試験機の測定の変り b は、系統影響因子になり得る。ISO/IEC Guide 98-3[3]では、系統影響を相殺する補正を推奨しており、これが M1 の変りである。この方法を用いることによって、求めた全ての硬さ値 x から変り b だけ減じなければならず〔式(G.3)参照〕、又は不確かさ U_{corr} に b を加えなければならない〔式(G.4)参照〕。 U_{corr} を求める手順は、表 G.1 で説明している[6], [7]。

一つの測定した硬さに対する合成拡張不確かさ U_{corr} は、式(G.1)のよる：

$$U_{\text{corr}} = k \times \sqrt{u_{\text{H}}^2 + u_{\text{ms}}^2 + u_{\text{HTM}}^2} \quad \text{.....(G.1)}$$

ここで、
 u_{H} : 硬さ試験機の測定の変返し性の不足による測定の不確かさ
 u_{ms} : 硬さ試験機の分解能による測定の不確かさ
 u_{HTM} : 硬さ試験機によって生じる変り b の測定の変標準不確かさによる測定の不確かさ〔この値は、JIS B.7726に規定する間接検証の結果として報告され、式(G.2)に従って定義される。〕

$$u_{\text{HTM}} = \sqrt{u_{\text{CRM}}^2 + u_{\text{HCRM}}^2 + u_{\text{ms}}^2} \quad \text{.....(G.2)}$$

ここで、
 u_{CRM} : 校正証明書に記載された CRM の認証値の校正不確かさ ($k=1$) による測定の不確かさ
 u_{HCRM} : 硬さ試験機の測定の変返し性の不足及び CRM の硬さの不均一さの合成による測定の不確かさ
 u_{ms} : CRM 測定時の硬さ試験機の分解能による測定の不確かさ

測定の結果は、式(G.3)及び式(G.4)による。

$$X_{\text{corr}} = (x - b) \pm U_{\text{corr}} \quad \text{.....(G.3)}$$

ここで、 X_{corr} : 変り b で硬さ測定値を補正した場合の硬さ測定値

及び

$$X_{\text{ucorr}} = x \pm (U_{\text{corr}} + |b|) \dots\dots\dots(\text{G.4})$$

ここで、 X_{ucorr} ： 不確かさに偏り b を加えた場合の硬さ測定値

これは、偏り（誤差） b を平均値の一部とみるか、又は不確かさの一部とみるかによる。

方法 M1 を用いる場合、採用した b の値に関連する不確かさの関与を RSS 項に追加するのが適切である可能性がある。これは、次の特殊な場合である。

- － 測定した硬さが、試験機の校正時に用いた基準片の硬さレベルと明らかに異なる
- － 試験機の偏り値が、校正した範囲全体で明らかに変化する
- － 測定する材料が、試験機の校正時に用いた基準片の材料と異なる
- － 硬さ試験機の毎日の性能（再現性）が、明らかに変化する

測定の不確かさへのこれらの追加の寄与の計算は、ここでは記載しない。いかなる状況下でも、 b に付随する不確かさの見積りに対して、ロバストな方法が要求される。

G.4.3 偏りを除外した手順（方法 M2）

方法 M1 の代替法として、ある状況下で方法 M2 を用いてもよい。方法 M2 は、硬さ試験機の系統誤差の大きさを考慮せずに用いることのできる簡略化した方法である。ただし、方法 M2 は、通常、実際の測定の不確かさを過大に評価する。

U を求める手順を、表 G.2 で説明する。

方法 M2 は、偏りの最大許容範囲への適合性を判断する際に、偏り b の値だけでなく、試験機の拡張不確かさを含んだ最大偏差 $\Delta H_{\text{HTMmax}} = |b| + U_{\text{HTM}}$ の値を用いる JIS B 7726 に従った間接検証に合格した硬さ試験機に対してだけ有効である。

方法 M2 では、偏り（誤差）の限度（JIS B 7726 で規定するように、試験機の読みの基準片の値からの許される差異の正の量）は、不確かさの一成分 b_E を定義するために用いる。偏りの限度によって、硬さ値は補正しない。

一つの硬さ測定に対する合成拡張不確かさ U は、式(G.5)のよる。

$$U = k \times \sqrt{u_H^2 + u_{\text{ms}}^2 + b_E^2} \dots\dots\dots(\text{G.5})$$

ここで、 u_H ： 硬さ試験機の測定の繰返し性の不足による測定の不確かさ
 u_{ms} ： 硬さ試験機の分解能による測定の不確かさ
 b_E ： JIS B 7726 に規定する偏りの最大許容偏差

測定の結果 X は、式(G.6)による。

$$X = x \pm U \dots\dots\dots(\text{G.6})$$

G.5 測定結果の表し方

測定結果を報告する場合、不確かさを見積もるために用いた方法（M1 又は M2）も記載することが望ま

しい。

例 一台の硬さ試験機で、一つの試験片にロックウェル C スケール硬さ x を 1 点測定する。

単独硬さ測定値, x : $x=60.5$ HRC

硬さ試験機の分解能, δ_{ms} : $\delta_{ms}=0.1$ HRC

試験機の直前の間接検証で, $\bar{x}_{CRM}=62.82$ HRC の CRM を用いて, 偏りの不確かさ U_{HTM} をもつ測定
の偏り b を求めた。CRM の硬さは, 間接検証で用いた CRM の硬さの中で最も近いものであった。

試験機の測定の偏り, b : $b=-0.72$ HRC

試験機の測定の偏りの不確かさ, U_{HTM} : $U_{HTM}=0.66$ HRC

試験機の繰返し性の不足を求めるために, 試験室は, 試験片と同等の硬さをもつ CRM に HRC で
5 点測定を行う。5 点の測定は, 基準片の不均一さの影響を減少するために, 間隔の要求を守り, お
互いに隣接させる。

測定値 5 点, H_i : 61.7 HRC; 61.9 HRC; 62.0 HRC; 62.1 HRC; 62.1 HRC

平均測定値, $\bar{H}$: $\bar{H}=61.96$ HRC

測定値の標準偏差, s_H : $s_H=0.17$ HRC

ここで,

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \dots\dots\dots (G.7)$$

及び

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2} \dots\dots\dots (G.8)$$

ここで, $n=5$

JIS B 7726 に従った直前の間接検証の測定をもとにした s_H の値を, 上記の繰返し試験を行う代わ
りに用いてもよい。ただし, 標準偏差は, CRM の不均一さも含んでいるので, 通常, 繰返し性不足
の不確かさ成分を過大評価する。

表 G.1－方法 M1 に従った測定結果の求め方

段階	不確かさの要素	記号	式	説明, 出典, 証明など	例 [..] =HRC
1	間接検証から求めた硬さ試験機の偏りの値 b 及び偏りの不確かさ U_{HTM}	b U_{HTM} u_{HTM}	$u_{\text{HTM}} = \frac{U_{\text{HTM}}}{2}$	$\bar{x}_{\text{CRM}} = 62.82$ HRC の CRM を用いた間接検証の報告による $b^{\text{a)}$ 及び U_{HTM}	$b = -0.72$ HRC $U_{\text{HTM}} = 0.66$ HRC $u_{\text{HTM}} = \frac{0.66}{2}$ HRC = 0.33HRC
2	繰返し性の標準偏差	s_{H}	$s_{\text{H}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	試験片と同等の硬さをもつ CRM に試験室によって五つの測定 $b^{\text{b)}$ を行う	$s_{\text{H}} = 0.17$ HRC
3	繰返し性の不足による標準不確かさ	u_{H}	$u_{\text{H}} = t \times s_{\text{H}}^{\text{c)}$	$n=5$ に対し $t=1.14$ (ISO/IEC Guide 98-3, G.3 及び表 G.2 参照)	$u_{\text{H}} = (1.14 \times 0.17)$ HRC = 0.19 HRC
4	表示器の硬さ値の分解能による標準不確かさ	u_{ms}	$u_{\text{ms}} = \frac{\delta_{\text{ms}}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{\text{ms}} = 0.1$ HRC	$u_{\text{ms}} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03$ HRC
5	補正した拡張不確かさの決定	U_{corr}	$U_{\text{corr}} = k \times \sqrt{u_{\text{H}}^2 + u_{\text{ms}}^2 + u_{\text{HTM}}^2}$	ステップ 1, 3 及び 4 $k=2$	$U_{\text{corr}} = 2 \times \sqrt{0.19^2 + 0.03^2 + 0.33^2}$ $U_{\text{corr}} = 0.76$ HRC
6	硬さを修正した測定結果	X_{corr}	$X_{\text{corr}} = (x - b) \pm U_{\text{corr}}$	ステップ 1 及び 5	$x = 60.5$ HRC $X_{\text{corr}} = (61.2 \pm 0.8)$ HRC
7	修正不確かさをもつ測定結果	X_{ucorr}	$X_{\text{ucorr}} = x \pm (U_{\text{corr}} + b)$	ステップ 1 及び 5	$x = 60.5$ HRC $X_{\text{ucorr}} = (60.5 \pm 1.5)$ HRC
注 ^{a)} 注 ^{b)} 注 ^{c)}	$0.8b_{\text{E}} < b < 1.0b_{\text{E}}$ の場合, CRM と試験片との硬さの関係を考慮することが望ましい。 基準片の不均一さを減らすために, 測定は, 間隔の要求を遵守しつつ互いに近い位置で行う。JIS B 7726 に従った直前の間接検証の測定をもとにした s_{H} の値を用いてもよい。しかし, CRM の不均一さを含むため, 繰返し性の不足による不確かさ成分は, 通常, 過大評価になる。 一つの硬さ測定でなく, 試験片への複数の硬さ測定の平均が報告される場合には, ステップ 3 の s_{H} の値は, 試験片の複数の硬さ測定の標準偏差を硬さ測定の数 n の平方根によって除し, 測定数 n に適切な t を用いた値 ($u_{\text{H}} = t \times s_{\text{H}} / \sqrt{n}$) に置き換えることが望ましい。計算された不確かさ成分 u_{H} は, 試験片の不均一さも織り込んだ値となる。				

表 G.2－方法 M2 に従った測定結果の求め方

段階	不確かさの要素	記号	式	説明, 出典, 証明など	例 [..] =HRC
1	最大許容誤差 (試験機の偏りの許容範囲) による拡張不確かさ	b_E	$b_E = \text{許容される偏りの最大の正の値}$	JIS B 7726 の表 5 (試験機の偏り及び繰返し性の許容範囲) によって許容される偏り b	$b = 1.50 \text{ HRC}$
2	繰返し性測定の標準偏差	s_H	$s_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	試験片と同等の硬さをもつ CRM に試験室で行われた 5 点の測定	$s_H = 0.17 \text{ HRC}$
3	繰返し性の不足による標準不確かさ	u_H	$u_H = t \times s_H$	$t = 1.14 \quad n = 5$ (ISO/IEC Guide 98-3, G.3 及び表 G.2 参照)	$u_H = 1.14 \times 0.17 = 0.19 \text{ HRC}$
4	硬さ値の表示器の分解能による標準不確かさ	u_{ms}	$u_{ms} = \frac{\delta_{ms}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{ms} = 0.1 \text{ HRC}$	$u_{ms} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03 \text{ HRC}$
5	拡張不確かさの計算	U	$U = k \times \sqrt{u_H^2 + u_{ms}^2} + b_E$	ステップ 1, 3, 及び 4 $k = 2$	$U = 2 \times \sqrt{0.19^2 + 0.03^2} + 1.50$ $U = 1.88 \text{ HRC}$
6	測定の結果	X	$X = x \pm U$		$x = 60.5 \text{ HRC}$ $X = (60.5 \pm 1.9) \text{ HRC}$
JIS B 7726 に従った直前の間接検証の測定をもとにした s_H の値を用いてもよい, しかし, CRM の不均一さを含むため, 繰返し性の不足の不確かさ成分は, 通常, 過大評価になる。一つの硬さ測定でなく, 試験片への複数の硬さ測定の平均が報告される場合には, ステップ 3 の s_H の値は, 試験片の複数の硬さ測定の標準偏差を硬さ測定の数 n の平方根によって除し, 測定数 n に適切な t を用いた値 ($u_H = t \times s_H / \sqrt{n}$) に置き換えることが望ましい。計算された不確かさ成分 u_H は, 試験片の不均一さも織り込んだものとなる。					

附属書 H

(参考)

CCM－硬さワーキンググループ

1999 年第 88 回国際度量衡委員会（CIPM）において、質量関連量諮問委員会（CCM）委員長は、“硬さの定義は、独自に選択した式を用いるという意味で、確かに慣用的なものである。しかし、その試験方法は、SI 単位によって表される物理的な数値の組合せで定義されている。硬さの基準は、ほとんどが国家計量標準機関（NMI）で確立され維持されており、その基準へのトレーサビリティは、産業界及びその他の業界から強く要求されている。”と述べた。引き続き議論で、硬さの基準は、相互承認協定（MRA）のために国際基幹比較データベース（KCDB）に含まれることが望ましいという結論になり、CCM の枠組みの中で、硬さワーキンググループ（CCM-WGH）が設立された。

CCM-WGH の設立によって、最上位の国家レベルにおける、測定の違いを少なくするための技術外交的な枠組みが提供された。この枠組みの中で、硬さに影響するパラメータについて検討し、NMI が用いる硬さ試験の国際的な定義を確立することが可能となった。国際的な合意が必要であるので、CCM-WGH は、硬さの適切な普及を着実に行うために、ISO/TC164（金属の機械試験）/SC3（硬さ試験）との密接な連携を保っている。CCM-WGH での定義の最も意味ある改善点は、硬さ試験のパラメータが、この試験方法で規定されているような許容値ではなく、特定の値を規定したことである。この規格では、可能な場合、CCM-WGH が定めた硬さ試験のパラメータを適用している。

CCM-WGH の情報は、<http://www.bipm.org> で公開されている。

附属書 I (参考)

ロックウェル硬さ測定の特レーサビリティ

I.1 トレーサビリティの定義

ロックウェル硬さ測定の特レーサビリティは、長さ又は温度のような多くの他の測定量と比較すると異なっている。その理由は、もともとビッカース硬さ測定などが、試験機を用いて、定められた試験手順に従って、試験中に力、長さ、時間などの異なる複数のパラメータを測定しているからである。それぞれの測定は、他の試験のパラメータと同様に、硬さ結果に影響を及ぼす。

国際計量用語集 (VIM3) [10]は、計量計測特レーサビリティを、“個々の校正が測定不確かさに寄与する、文書化された切れ目のない校正の連鎖を通じて、測定結果を計量参照に関連付けることができる測定結果の性質”と定義している。

この定義から、特レーサビリティをもつためには、測定の結果に対して、次の二つのことが必要となる。

- a) 測定の不確かさに寄与する切れ目のない校正の連鎖
- b) トレーサビリティが明らかな基準片

これらが、計量計測特レーサビリティの連鎖を決める。

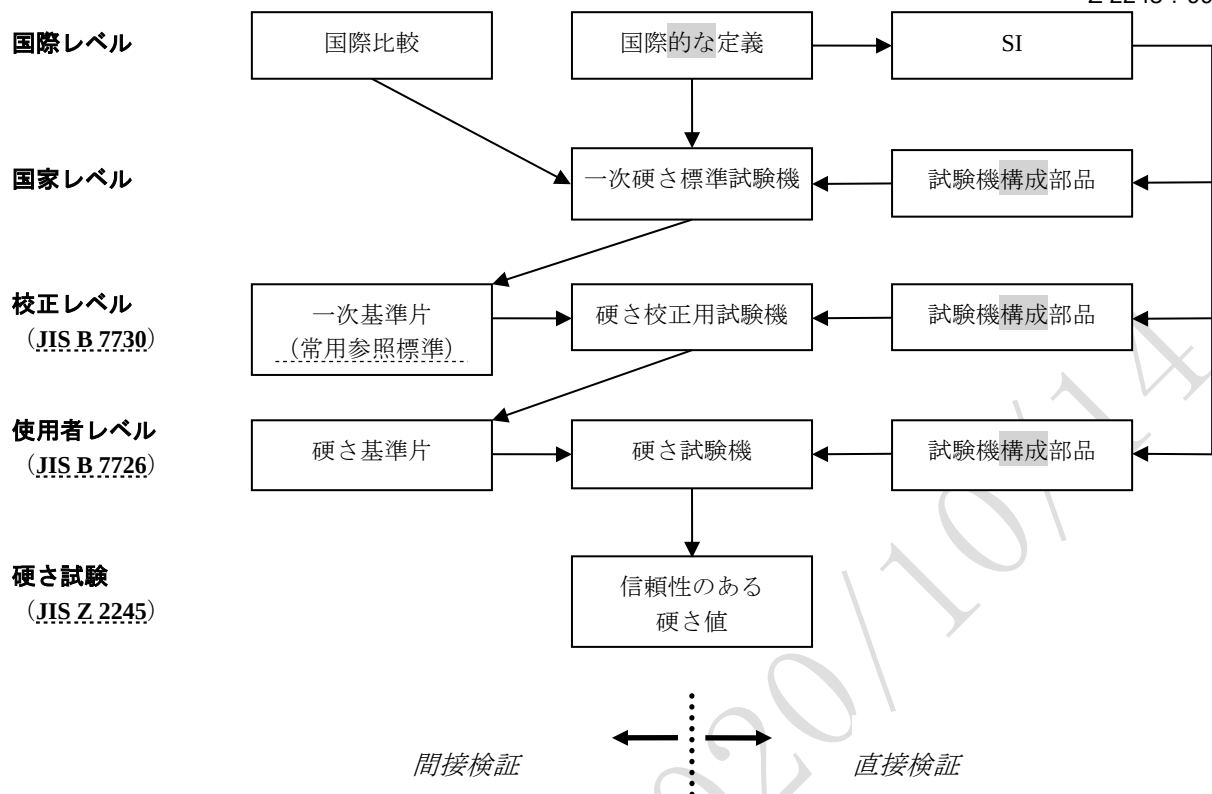
I.2 校正の連鎖

JIS B 7726 は、試験機がこの規格に従って用いるのに適切であることを実証するために要求される校正及び検証の手順を規定している。校正手順には、基準片の硬さ範囲の硬さ測定と同様に、試験機の性能に影響する種々の構成部品を含む。試験機の性能に影響する種々の構成部品は、試験力、圧子形状及び深さ測定装置の直接測定である。これらの個々の校正のための測定には、試験機が試験機の検証に合格するために、結果が示さなければならない許容限界がある。歴史的に、試験機の構成部品の校正及び検証は、試験機の直接検証と呼ばれ、基準片の測定による試験機の校正及び検証は、間接検証と呼ばれている。

JIS B 7730 は、試験機の間接検証に用いる基準片の校正に要求される手順、並びにこれらの基準片を校正するのに用いる試験機に要求される校正及び検証の手順の両方を規定している。

試験機に測定の特レーサビリティの条件となる“切れ目のない校正の連鎖”を考慮すると、これは直接検証又は間接検証手順のいずれかによって成立していることは明白である。

直接検証では、試験機の個々の構成部品について、それぞれの測定が校正連鎖を経由して、国家計量標準機関 (NMI) に認められた国際単位系 (SI) に特レーサビリティをもつことが要求されている。これらの校正の連鎖は、図 I.1 の右側に図示されている。また、これらの校正の連鎖は、試験機の特レーサビリティを形成する。



注記 図 I.1 の左側は、基準片の校正及び付随するロックウェル硬さ試験機の間接検証を含む校正の階層（すなわち、国家、校正及び使用者）の各々のレベルに対する、一つの校正の連鎖を通して作られるトレーサビリティを示している。一次硬さ標準試験機（国家レベル）は、硬さ校正試験機（校正レベル）の校正に用いる一次硬さ基準片〔常用参照標準（試験片）〕を校正する。硬さ校正試験機は、最終的に硬さ試験機（使用者レベル）を校正するのに用いる硬さ基準片を校正する。

図 I.1—校正の連鎖

I.3 ロックウェル硬さ基準

トレーサビリティを実現するための他の要求事項は、トレーサビリティを実証するための基準である。ロックウェル硬さは、材料の基礎的な性能ではなく、規定された試験方法によって決まる順序量（ordinal quantity）である。理想的には、ロックウェル硬さの最上位の基準は、全ての試験パラメータの値を含む、この方法の国際的に合意された方法として定義することが望ましい。硬さのトレーサビリティは、この定義を試験所が完全に満たすか、又は定義を実際に具現することであり、その具現の正しさは、試験所の測定不確かさに反映され、国際比較によって確認される。国際的に合意された定義は、硬さに対する CCM のワーキンググループ（CCM-WGH）（**附属書 H** 参照。）で作成され、ロックウェル硬さを標準化する NMI によって実行される。現時点で、CCM-WGH は、ロックウェル硬さに対する基準をまだ作成していないので、定義されていないスケールに対しては、最上位の基準は、通常、独自に選択した試験の定義を基にロックウェルスケールをそれぞれの NMI が作成したものである。

I.4 実用上の問題

図 I.1 の二つの校正連鎖のトレーサビリティ（左側及び右側）のうちのどちらかが、理論的に適切なロックウェル硬さ基準へのトレーサビリティを提供することが可能である。しかし、この二つに考慮しなければならない実上の問題がある。**図 I.1** の右側に示される直接検証の連鎖では、測定の硬さ値に影響するかもしれない全てのパラメータを特定し、測定し、必要な場合補正することは非常に困難である。試験

機が直接検証に合格したとしても、明らかに影響を及ぼすパラメータが一つでも管理できていない場合、又は特定できていない場合には、トレーサビリティとはみなさない。このようなケースはしばしば起こり、校正の下位の階層で問題となる。

図 I.1 の左側に示す間接検証の校正の連鎖にも、考慮すべき実用上の問題がある。硬さ試験中にそれぞれ測定を行う複数の構成部品をもつ試験機を用いる結果として、一つの構成部品の測定の誤差が、他の構成部品の測定の誤差によって相殺されることがある。この場合、間接検証中に試験する特定の硬さレベル及び材料に対する正確な硬さ測定を示すことがある。しかし、他の硬さレベル又は材料の場合には、測定誤差が大きくなる可能性がある。試験機の個々の部品の誤差が大きい場合には、トレーサビリティは保証されない可能性がある。

I.5 ロックウェル硬さ測定のトレーサビリティ

I.5.1 一般

上記の問題は、両タイプのトレーサビリティが、通常、ロックウェル硬さ測定のトレーサビリティを実現するために必要であることを示唆している。これは、測定プロセスの注意深い調査・評価を行えば、トレーサビリティが二つの連鎖のうちの一つだけを基に実現できる可能性がある。例えば、国家レベルで、NMI のロックウェル硬さ一次標準試験機のトレーサビリティは、更に上位の認められた硬さ標準がないので、直接検証の校正の連鎖によって実現される。NMI は一般的に、その測定システムの全てを評価することができ、不確かさのレベルは、他国の NMI と国際的に比較できるので、この連鎖によるトレーサビリティが可能となる。その一方、ロックウェル硬さ測定の何十年にもわたる経験で、校正の下位の階層に対しては、トレーサビリティを確保し、不確かさを求める上では、間接検証の連鎖が最も実用的とされている。しかし、個々の試験機部品の量的な値の適切なトレーサビリティも重要である。このトレーサビリティのスキームによって、工業的なロックウェル硬さの測定に対しては適切であることが証明されている。

I.5.2 校正レベルのトレーサビリティ

校正レベルの測定のトレーサビリティは、国家レベル (NMI) で校正された一次基準片 (常用参照標準) を用いる間接検証の校正の連鎖によって、最も適切に確立される。これは、測定の不確かさを求めるのに用いることが望ましい連鎖でもある。しかし、同時に、校正試験機の構成部品を相殺する誤差が小さいことを確認するために、頻繁に校正することが望ましい。硬さのトレーサビリティは、ロックウェルスケールの CCM-WGH の定義を NMI が具現化することが望ましい。CCM-WGH の定義がない場合には、NMI が独自に選んだ定義を NMI が具現化することが望ましい。NMI が校正した基準片を提供できないか、又は校正試験所との比較測定を行わず、他の NMI の基準片を用いることも現実的でない場合には、トレーサビリティが実証された基準には、国際的な試験方法、すなわち、この規格による規定に基づいて、ロックウェルスケール定義を校正試験所が具現化することが必要となる可能性がある。この場合、校正試験所の測定のトレーサビリティは、合意した基準片標準 (consensus reference block standards) を用いた間接検証の連鎖、又は相互比較によって確認された直接検証の連鎖としてもよい。

I.5.3 使用者レベルのトレーサビリティ

使用者レベルの測定のトレーサビリティは、校正レベル又は国家レベルで校正された基準片を用いた間接検証の校正の連鎖によって、最も適切に確立される。校正レベルのトレーサビリティと同様に、これは最も実用的であり、測定の不確かさを求めるために用いることが望ましい。硬さ試験機の構成部品に対して、相殺された誤差が大きくないことを確認するために直接検証を定期的に行うことも望ましい。しかし、これらの測定は、この規格の最低限の要求である、硬さ試験機の製造又は修理時にだけ行うのが産業界の典型的な実態である。

注記 この附属書で用いた次の用語は、VIM3[10]に従うものである：校正（calibration）、校正の階層（calibration hierarchy）、計量計測トレーサビリティ（metrological traceability）、計量計測トレーサビリティ連鎖（metrological traceability chain）、順序量（ordinal quantity）及び検証（verification）

参考文献

- [1] **ISO 3738-1**, Hardmetals—Rockwell hardness test (scale A)—Part 1: Test method
- [2] **ISO 4498**, Sintered metal materials, excluding hardmetals—Determination of apparent hardness and microhardness
- [3] **ISO/IEC Guide 98-3**, Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)
- [4] Calibration Guide EURAMET CG-16, Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements, 2007 [<http://www.euramet.org>]
- [5] Gabauer W., Manual of Codes of Practice for the Determination of Uncertainties in Mechanical Tests on Metallic Materials, The Estimation of Uncertainties in Hardness Measurements, Project, No. SMT4-CT97-2165, UNCERT COP 14: 2000
- [6] Gabauer W., Binder O., Abschätzung der Messunsicherheit in der Härteprüfung unter Verwendung der indirekten Kalibriermethode, DVM Werkstoffprüfung, Tagungsband 2000, pp. 255–261
- [7] Polzin T., Schwenk D., Method for uncertainty determination of hardness testing; PC file for the determination, Materialprüfung, 44 (2002) 3, pp. 64–71
- [8] Iizuka K., Worldwide Activities Around Hardness Measurement—Activities in CCM/CIPM, IMEKO/TC5, OIML/TC10 and ISO/TC164 in Proceedings HARDMEKO 2007, Tsukuba, Japan, 2007, 1–4
- [9] Seton Bennett and Joaquin Valdés, 2010 Metrologia 47, number 2, Materials metrology, doi:10.1088/0026-1394/47/2/E01
- [10] VIM, International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008 available via <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>
- [11] **ASTM E18**, Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials
- [12] **ISO 18265**, Metallic materials—Conversion of hardness values

附属書 JA

(参考)

JIS と対応国際規格との対比表

JIS Z 2245		ISO 6508-1 : 2016 (MOD)		
a) JIS の簡条番号	b) 対応国際規格の対応する簡条番号	c) 簡条ごとの評価	d) JIS と対応国際規格との技術的差異の内容及び理由	e) JIS と対応国際規格との技術的差異に対する今後の対策
4	3	追加	JIS では、名称として“ロックウェルスーパーフィシタル硬さ”を追加した。	技術的差異は軽微である。
5	4	追加	JIS では、他に規定がなければ、超硬合金球圧子を適用を規定し、鋼球圧子の適用も許容した。	技術的差異は軽微である。
9	8	追加	JIS では、附属書 G に不確かさの製品規格の規定値への適用が不適切であることの記載があることを注記した。	技術的な差異軽微である。
附属書 A	Annex A	追加	JIS では、ダイヤモンドアンビルとの組合せに対して、JIS では、超硬合金球圧子の適用も認めている。	ISO への提案を検討する。
		追加	JIS では、鋼球又は超硬合金球圧子の適用は、製品規格又は受渡当事者間の協定によることとし、これがない場合は、鋼球圧子を適用することにした。	ISO への提案を検討する。
附属書 B	Annex B	変更	JIS では、他に規定がなければ、超硬合金球圧子を適用を規定し、鋼球圧子の適用も許容した。	技術的差異は軽微である。
附属書 E	Annex E	追加	JIS では、他に規定がなければ、超硬球圧子を適用を規定し、鋼球圧子の適用も許容した。	技術的差異は軽微である。
注記 1 簡条ごとの評価欄の用語の意味を、次に示す。 — 追加：対応国際規格にない規定項目又は規定内容を追加している。 — 変更：対応国際規格の規定内容又は構成を変更している。 注記 2 JIS と対応国際規格との対応の程度の全体評価の記号の意味を、次に示す。 — MOD：対応国際規格を修正している。				